



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för vatten och miljö

Högfrekventa mätningar med sensorer för transportberäkning av totalfosfor i vattendrag.

High frequency monitoring with sensors for calculations of riverine total phosphorous concentrations.

Nora Ottander

Självständigt arbete • 15 hp

Biologi och Miljövetenskap

Uppsala 2019

Högrekventa mätningar med sensorer för transportberäkning av totalfosfor i vattendrag.

High frequency monitoring with sensors for calculations of riverine total phosphorous concentrations.

Nora Ottander

Handledare: Jens Fölster, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
Examinator: Martyn Futter, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i miljövetenskap
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö
Kurskod: EX0896
Program/utbildning: Biologi och Miljövetenskap

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2019
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Turbiditet, fosfor, sensor, transportberäkning, Östersjön, Kilaån, övergödning.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för vatten och miljö

Sammanfattning

Stora delar av Östersjön är påverkat av övergödning, till följd av det överskott av växtnäringsämnen som tillförs havet. Den enskilt största tillförseln av fosfor sker via vattendrag, där halten partikelbunden fosfor ofta varierar snabbt och en betydande del av den totala transporten kan ske under korta episoder. Miljöövervakning av vattenkvaliteten sker ofta med månadsvisa prover, vilket gör att toppar med höga halter fosfor riskerar att förbises. Genom att beräkna totalfosforhalten ur vattenkvalitetsparametrar som mäts med högfrekventa insitumätningar kan luckor mellan provtagningstillfällen potentiellt fyllas igen. Syftet med studien var att undersöka om högfrekventa mätningar av turbiditet kan användas för att förbättra befintlig transportberäkning av totalfosfor. Studien är baserad på data från Kilaån i Nyköpings kommun, där vattenkemiska prover tas veckovis och mätning av turbiditet sker kontinuerligt var 15:e minut, via en sensor installerad i vattendraget. Genom dataanalys undersöktes det lokala sambandet mellan turbiditet och totalfosfor, samt hur provtagningsfrekvens och användandet av sensordata påverkade beräkningarna av fosfortransport i Kilaån. Linjär regressionsanalys visade på ett positivt linjärt samband mellan turbiditet och totalfosfor $p < 0,0001$, $R^2 = 0,661$ $n=52$. Utifrån sambandet modellerades en predikterad dygnsvariation av totalfosfor. Vid jämförelse med linjärinterpolerade provtagningar visade resultatet på stora avvikelser i fosforhalt beroende av provtagningsfrekvens, där sensordata i flera fall kunde kompensera för de toppar av totalfosfor som missades med månadsvisa provtagningar. Vidare jämfördes den totala fosfortransporten i Kilaån, beräknad med konventionell metod respektive mätningar kompletterade med sensordata. Resultatet visade på en, icke signifikant, tendens att den fosfortransport som beräknades med konventionell metod var lägre, än motsvarande beräkningar som kompletterats med sensordata mellan provtagningar. Resultatet visade även på att månadsvisa beräkningar av transporten var betydligt lägre än beräkningar baserade på veckovisa vattenkemiska prover. Vidare kunde slutsatsen dras att sensorer i kombination med månadsvisa provtagningar kan ge representativa transportberäkningar och att de även kan bidra till en bättre förståelse av korttidvariationen av fosfor i vattendrag.

Nyckelord: Turbiditet, fosfor, sensor, transportberäkning, Östersjön, Kilaån, övergödning.

Abstract

Large areas in the Baltic Sea suffer from eutrophication, due to excessive input of nutrients, mostly nitrogen and phosphorus, from surrounding coasts. The transfer of phosphorus is mostly riverine. Where the concentration of phosphorus bound to particles is highly variable over time, with short time events of high flow possibly having significant impact on the total flux. Monitoring of riverine phosphorus is regularly done by collecting monthly grab samples, with the risk of potentially missing high concentration events caused by momentarily high flow. Due to these risks there is a common use of proxies. Where transfer functions are used to calculate the concentration of phosphorous, to help fill in the gaps between catchments. The aim of this study was to evaluate if high frequency measurements of turbidity could be used as a proxy, in order to improve the flux estimations of phosphorous in rivers. The study was conducted in Kilaån, a river located in Nyköping, Sweden. In Kilaån grab samples are taken weekly, and turbidity measurements are done continually, every 15 minutes, using a sensor installed in the river. By analyzing the river data, a local relationship between turbidity and tot-P could be evaluated. The data from Kilaån was also used in different comparisons to evaluate how frequency of the grab samples affect the transfer estimations, and if these estimations changed when high frequency data was used, as a complement to grab samples. Linear regression showed a positive significant relationship between the two parameters, turbidity and tot-P, $p < 0,0001$, $R^2 = 0,661$ $n=52$. The equation from this relationship was then used in order to estimate daily concentrations of phosphorus. When comparing the modelled results, to grab samples linked by linear interpolation, it showed big differences in concentration depending on frequency of the grab samples. Where almost all high concentration peaks during the first period of the study, where missed by monthly grab samples. These peaks where shown to be compensated for, if sensor data was used to fill in the gaps between the grab samples. The total flux estimated with the use of high frequency data to complement the grab samples, was then compared to conventional methods of flux calculations. Showing a, non-significant, tendency of higher flux values when turbidity measurements was used in the calculations. Further on it also showed that monthly grab samples underestimated the annual flux, compared to weekly samples. In conclusion, the results showed that high frequency measurements with sensors in combination with monthly grab samples can generate representative flux estimations. Furthermore, the sensor data can contribute to a better understanding of short time fluctuation and variation of riverine phosphorus concentration

Keywords: Turbidity, phosphorous, flux calculations, Baltic sea, Kilaån, Eutrophication

Innehållsförteckning

BEGREPPSLISTA	8
1. INLEDNING.....	9
1:1 INTRODUKTION	9
1:2 BAKGRUND	9
1:3 SYFTE	11
2. MATERIAL OCH METOD.....	12
2.1 OMRÅDESBESKRIVNING	12
2.2 DATAANALYS	12
2.3 BERÄKNINGAR	13
3. RESULTAT	15
3:1 SAMBAND MELLAN TURBIDITET OCH TOT-P I KILAÅN	15
3:2 MODELLERING AV TOT-P I KILAÅN	16
3:3 TRANSPORTBERÄKNING AV FOSFOR I KILAÅN	18
4. DISKUSSION.....	20
4:1 SAMBANDET MELLAN TURBIDITET OCH TOT-P	20
4:2 OLIKA METODER FÖR BERÄKNING AV FOSFORTTRANSPORT	21
4:3 SENSORER SOM KOMPLEMENT TILL VATTENKEMISKA PROVER	22
4:4 SLUTSATS	22
5. TACK	23
REFERENSLISTA	24
APPENDIX 1.....	27

Begreppslista

Akrediterad	Kvalitetssäkrad
Avrinningsområde	Det område inkl. land, sjöar och andra vattenförekomster som avvattnas via samma vattendrag.
In-situ	Latin för ”på plats”
Linjär interpolering	Binda samman givna datapunkter med räta linjer
Linjär regression	Analysmetod med förutsättningen att en rät linje kan anpassas till data.
Miljöövervakning	Arbetet med lägesbeskrivningar av miljötillstånd.
R² värde	Tal mellan 0-1 som beskriver linjäritet. Hur stor del av variationen i en variabel som kan förklaras av en annan variabel.
Tot-P	Total fosforhalt.
Turbiditet	Mått på vattnets grumlighet
Vattenförekomst	Indelning av vatten vid arbete med vattenförvaltning. Kan vara en sjö, del av vattendrag, kustvatten, grundvatten mm.
Vattenföring	Mått på storleken av vattenflödet i ett vattendrag.

1. Inledning

1:1 Introduktion

Övergödning är ett omfattande miljöproblem och utgör ett av Sveriges miljökvalitetsmål. Ett stort antal insatser för att minska övergödningen av de vattenförekomster som tillhör och omger Sverige har genomförts genom åren. Trots detta förutspår Havs- och vattenmyndigheten (2019) att miljökvalitetsmålet “ingen övergödning”, med befintliga och beslutade åtgärder, fortsatt inte kommer uppnås innan år 2020, vilket var den ursprungliga målsättningen. Ett tydligt exempel på rådande övergödningssituation är Östersjön. Hela 97 procent av havets totala yta är klassad som övergödd (HELCOM, 2018). Arbetet med övergödning i Östersjön är vitt utbredd och berör många länder. I konventionen om skydd av Östersjöområdet marina miljö, HELCOM, har Sverige tillsammans med andra länder som omger havet kommit överens om en aktionsplan, Baltic Sea Action Plan, med målet att uppnå god ekologisk status i Östersjön år 2021. Aktionsplanen, BSAP, innefattar att alla länderna tar fram nationella åtgärdsplaner för att minska övergödningen.

Generellt minskar tillförseln av näringsämnen från Sverige till Östersjön och målet som satts upp i BSAP gällande minskad kvävebelastning är i dag nära att uppnås. Tillförseln av fosfor har dock ett betydligt större behov av ytterligare minskande åtgärder för att kunna nå de uppsatta målen (Havs- och vattenmyndigheten, 2019). En betydande del av tillförseln beror på fosfor som lakats ut från jordbruksmarker och via vattendrag transporterats till kusten (HELCOM, 2018). Koncentrationen av fosfor i vattendrag varierar mycket och en stor del av den totala transporten kan ske under mycket korta episoder (Jordan *et al.*, 2007). Detta gör att toppar med hög fosforkoncentration riskerar att förbises vid konventionell provtagning. Eftersom mål och åtaganden är kopplade till belastningen på havet är det av särskild vikt att tillförseln av näringsämnen i Östersjön kan kvantifieras korrekt.

1:2 Bakgrund

Övergödning är ett utbredd miljöproblem i stora delar av världen. Tillståndet uppstår då ett överskott av växnäringsämnen, främst kväve och fosfor, tillförs en vattenförekomst och den ökade näringsbelastningen får en negativ inverkan på dess ekosystem (Andersson *et al.*, 2002). Övergödningen leder till en ökad tillväxt av primärproducenter, vilket ofta resulterar i stora algbloomningar, samt en ökad förekomst av bentisk makrovegetation (Smith *et al.*, 1999). Vissa arter gynnas av den ökade näringstillförseln, medan andra arter konkurreras ut helt och stora förändringar i ekosystemets artsammansättning kan uppstå (Helcom 2019). En större produktion leder även till mycket organiskt material, som till slut sedimenterar ner på botten. Vid nedbrytningsprocessen går det åt stora mängder syre, vilket gjort att omfattande områden med syrefattiga botten uppstått i bland annat Östersjön. (Cederwall & Elmgren, 1990).

Förenklat, förklaras ofta tillväxten i marina system vara begränsad av mängden tillgängligt kväve, medan sötvattenssystem istället begränsas av fosfor (Andersson *et al.*, 2002). Tillförseln av båda näringsämnena har dock en betydande roll vid

övergödning av Östersjön. En bidragande orsak till detta är förekomsten av kvävefixerande cyanobakterier. Cyanobakterier, eller blågröna alger som de ibland kallas, blommar i Östersjön under sommarmånaderna och kan bilda stora ansamlingar vid vattenytan. Eftersom cyanobakterier har obegränsad tillgång på kväve från luften, är deras tillväxt begränsad av mängden tillgänglig fosfor (Andersson *et al.*, 2002). Det finns tre dominerande arter i Östersjön, varav den ena, *Nodularia spumigena*, producerar ett toxin som är giftigt för både människor och djur (Granéli & Esplund, 2010). Därmed bidrar en hög fosforhalt till övergödning i Östersjön och till att viktiga rekreationsområden för människan kan påverkas negativt (Andersson *et al.*, 2002).

Enligt HELCOMS rapport, State of the Baltic Sea (2018), sker den enskilt största tillförseln av näringsämnen till Östersjön via vattendrag som mynnar ut i havet, 70,3% av allt kväve och 94,8 % av allt fosfor. Fosfor förekommer dels löst i vattendrag som fosfatfosfor, PO₄-P, men transporteras även till stor del i partikelbunden form (Jones *et al.*, 2011). Löst- och partikelbunden fosfor utgör tillsammans totalfosfor, tot-P. Partikelhalten varierar mycket snabbt i vattendrag och partikelbundna ämnen uppvisar ofta toppar med höga halter i samband med högflöden (Jordan *et al.*, 2007). Vid dessa toppar ökar således halten totalfosfor, som en följd av att partikulärt bunden fosfor ökar (Corell *et al.*, 1999). Högflöden är i regel kopplade till perioder med kraftig nederbörd, tjällossning eller snösmältning som påverkar vattenföringen, samt också erosion och halten av lerpartiklar i vattnet.

Inom såväl nationell som internationell miljöövervakning utförs kontinuerliga mätningar i vattendrag, för att uppskatta en total transport av näringsämnen. Vattenkemiska prover tas ofta med månadsvisa intervall, vilket genererar ögonblicksbilder av rådande förhållanden. Linjär interpolering används sedan för att fylla igen luckorna mellan provtagningarna vid beräkning av ämnestransporten i vattendraget. Detta gör att flödestoppar, vilka ofta inträffar under enskilda timmar eller dagar, riskerar att förbises vid konventionell provtagning (Jones *et al.*, 2011). Dessa flödestoppar innehåller, som nämnt ovan, ofta höga halter partikelbunden fosfor och utgör potentiellt en signifikant skillnad för den totala fosfortransporten (Jordan *et al.*, 2007; Jordan & Cassidy, 2011). Resultat från tidigare studier tyder på att den totala transporten av fosfor underskattas vid konventionell provtagning (Jordan & Cassidy, 2011; Kronvang & Bruhn 1996; Rönnback *et al.*, 2009; Kyllmar 2009).

En ökad provtagningsfrekvens skulle troligtvis innebära mer representativa uppskattningar av fosfortransporten i vattendrag (Kronvang & Bruhn, 1996). Vid mer frekvent provtagning blir dock kostnader för provtagning och analys snabbt höga och det är oftast inte ett rimligt alternativ av ekonomiska skäl. En mer kostnadseffektiv metod är att prediktera fosforhalten mellan provtagningarna. En predikterad dygnsvariation av fosforhalten beräknas då med hjälp av en annan parameter, som kan mätas kontinuerligt direkt i vattendraget. Dessa beräkningar kan, med fördel, utföras med mätdata från redan befintlig övervakning av andra vattenkvalitetsparametrar. Ett exempel på en parameter som används i avseendet är

turbiditet, vattnets grumlighet (Jones *et al.*, 2011). Turbiditet kan mätas genom optisk analys av ljusets förmåga till spridning i vattnet (Jones *et al.*, 2011). Med en sensor fast installerad i vattendraget kan högfrekventa mätningar av turbiditet ske kontinuerligt. Mätvärden registreras av sensorn och data kan eventuellt överföras automatiskt, via telenätet, var 10:e-15:e minut. Sambandet mellan de två parametrarna, turbiditet och totalfosfor, antas dock vara platsspecifikt (Stutter *et al.*, 2017). Det krävs därför lokala studier, för att avgöra om sambandet är användbart vid beräkning av totalfosforhalt i det specifika vattendraget.

Kilaån är ett vattendrag beläget i Nyköpings kommun. Höga halter totalfosfor är uppmätta i avrinningsområdet, där diffusa utsläpp av näringsämnen från jordbruksmark och från enskilda avlopp är bidragande orsaker till att vattendraget inte uppnår god ekologisk status (Vatteninformationssystem Sverige, VISS, u.å.) Kilaån rinner genom en dalgång, där det bedrivs jordbruk med stora åkerarealer. Åkrarna har en botten med tät lera, vilket gör att näringsrik jord rinner bort från åkermarkerna och transporteras via Kilaån vidare ut i Östersjön (Nyköpingåarnas vattenvårdsförbund, 2017). Nyköpingsåarnas vattenvårdsförbund är ansvariga för miljöövervakningen i vattendraget och tar sedan år 2014 veckovisa vattenkemiska prover vid Kilaåns mynning till Östersjön. I kombination med data registrerade med den installerade sensorn i vattendraget, finns det tillgång till ovanligt mycket information om de lokala förhållandena i Kilaån. Detta innebär att vattendraget lämpar sig väl för att vidare undersöka sambandet mellan turbiditet och totalfosfor och möjligheten att ersätta den förtätade vattenkemiska provtagningen med en sensor.

1.3 Syfte

Syftet med studien är att utvärdera ifall högfrekventa turbiditetsmätningar, med hjälp av sensorer, kan användas för att förbättra transportberäkning av totalfosfor i vattendrag. I samband med studien tas underlag fram för att analysera lokala förhållanden i Kilaån. För att vidare undersöka (1) om högfrekventa mätningar av turbiditet kan användas för att uppskatta totalfosforhalt i Kilaån, (2) om storleken på den uppskattade fosfortransporten påverkas av provtagningsfrekvens, samt (3) hur dessa transportberäkningar påverkas vid användandet av turbiditetsmätning som komplement till ordinarie provtagning.

2. Material och Metod

2.1 Områdesbeskrivning

Studien är baserad på data från Kilaån, ett vattendrag beläget i Nyköpings Kommun. Kilaån är ca 18 km lång (Vatteninformationssystem Sverige, VISS, u. å.) och mynnar ut i Östersjön, vid Nyköping. Kilaåns medelvattenföring är $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Avrinningsområdet tillhörande Kilaån täcker en yta på 432 km^2 , varav 70 procent utgörs av skogsmark, 18 procent är brukad mark, åker/betesmark, och cirka 4 procent är vattenförekomster (Nyköpingsåarnas vattenvårdsförbund, 2012) (fig. 1). Vattendraget tillhör norra Östersjöns vattendistrikt, där övergödning är ett av distriktets mest kritiska miljöproblem (Vattenmyndigheterna i samverkan, 2017). Kilaån bedöms vara betydligt påverkad av totalfosfor som tillförs vattendraget från diffusa källor, som jordbruk och enskilda avlopp (VISS, u.å.). Vattendraget är vidare även klassat som övergött (VISS, u.å.). Statusen i kilaåns avrinningsområde är generellt sätt sämre längre ned i systemet, där påverkan från jordbruk och enskilda avlopp är större (Nyköpingsåarnas vattenvårdsförbund, 2012).



Figur 1: Karta över Kilaåns avrinningsområde (Nyköpingsåarnas Vattenvårdsförbund, u.å.).

2.2 Dataanalys

Vattenkemiprover är tagna vid Kilaåns utlopp, $58^{\circ}74'01.53''\text{N}$ $16^{\circ}95'68.81''\text{E}$, med intervall om en vecka. Kemiprover före 2019 är analyserade vid laboratoriet vid Stockholms universitet, ackrediterat genom Swedac. Kemiprover är från och med 2019 analyserade på det ackrediterade kemiska analyslaboratoriet tillhörande institutionen för Vatten och miljö, vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Totalfosfor är där uppmätt enligt metoden SS-EN ISO 6878:2005, vilken mäter fosfor från $1 \mu\text{g/l}$ - $200 \mu\text{g/l}$, med en mätosäkerhet på 10%. Värdet för tot-P har hämtats från MVM-miljödata.

Turbiditeten i Kilaån är uppmätt i fält med en In-situ sensor, modell Aqua TROLL® 600 Multiparameter Sonde. Värdet för turbiditet levereras automatiskt, via GSM-nätet, var 15:e minut och redovisas i enheten NTU, Nephelometric Turbidity Unit. Sensorn har varit installerad i vattendraget sedan 2017-11-10, med enstaka undantag under 2018 då sensorn tagits upp ur ån ett antal gånger för antingen kalibrering, byte av batteri eller service.

Värden för vattenföring är modellerade i modellen S-hype. Modellen simulerar vattenflöde baserat på nederbörd och rörelser genom marker, åar och sjö fram till vattendragets utlopp. Vattenflödet anges i m³/s. All data är hämtad från SMHI, från lokalen lokaliserad vid Kilaåns flodmynning.

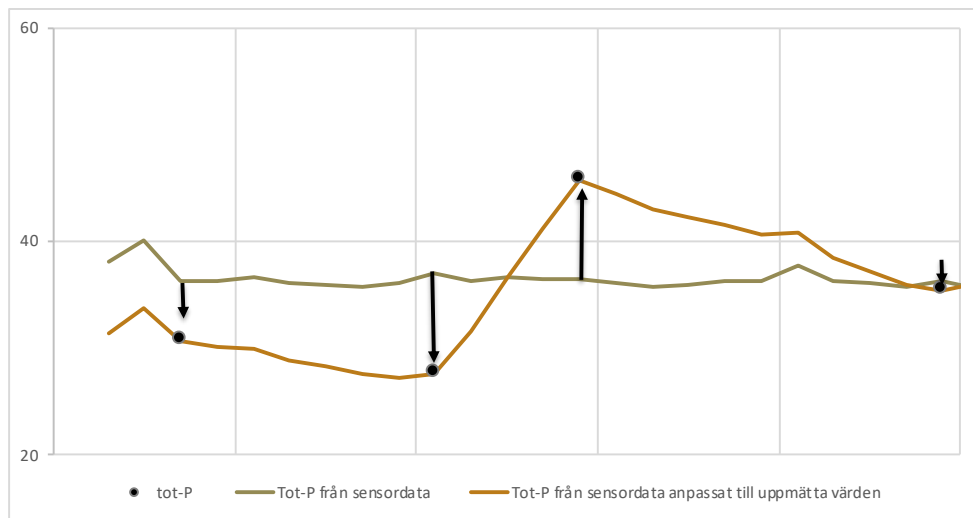
2.3 Beräkningar

Beräkningarna är baserade på data hämtade från Kilaån under perioden 2017-11-10 till 2019-03-29. De av sensorn registrerade dataseten kontrollerades manuellt, för att säkra kvalitén på uppmätt data, detta utfördes genom visuell analys av de uppmätta parametrarna. Ett uppmätt värde på turbiditet uppmärksammas särskilt, då det är betydligt högre än alla andra, 2382 NTU. Värdet uteslöts från vidare beräkningar, då det saknades naturliga förklaringar och troligtvis var ett resultat av tillfälliga störningar i mätningen. Utöver detta rensades dataseten även från alla turbiditetsmätningar som registrerats vid tidpunkter då sensorn inte varit nedsänkt i ån, utan upptagen på land. Datasetet sammanställdes slutligen genom att beräkna dygnsmedelvärden för turbiditet, vilka användes i fortsatt analys.

Sambandet mellan turbiditet uppmätt med sensorn och uppmätt tot-P i Kilaån antogs vara linjärt och bestämdes med linjär regression, $y = \alpha x + \beta$. En modell baserad på sambandet togs fram, för att kunna prediktera tot-P ur turbiditet. Vid fortsatt analys testades även sambandet för logaritmerade data och eventuell signifikans för andra parametrar som årstid, hög/låg-vattenföring, samt konduktivitet, undersöktes med multipel regression med dummyvariabler. De olika modellerna jämfördes utifrån deras R² värde. Beräkningarna är baserade på dygnsmedelvärden för turbiditet och samtliga analyser är utförda i mjukvaran JMP.

Ekvationen, från sambandet mellan turbiditet och tot-P, användes för att beräkna en predikterad dygnsvariation av tot-P, utifrån dygnsmedelvärden av turbiditet. För att bättre stämma överens med uppmätt tot-P, från vattenkemiprover, justerades sedan de predikterade värdena ytterligare enligt följande; Tidsserien av beräknad tot-P mellan två tidpunkter med uppmätt tot-P justerades med en additiv modell, för att i bägge ändar ansluta till de uppmätta halterna (Fig. 2). Dessa justeringar av de predikterade halterna beräknades med hjälp av ett skript i Python.

Månadsvis transport av tot-P i Kilaån, beräknades med excel makrot FLOWNORM 2.0. Makrot expanderar tidsserien, genom linjär interpolering, för att få ut dygnsvärden av fosforkoncentrationen, dessa summerades sedan med värden för vattenföring för att beräkna transporten i vattendraget (Stålnacke, 1999). En jämförelse av två olika metoder för transportberäkningar utfördes, baserade på användning av linjär interpolering mellan uppmätta kemidata respektive modellerade värden mellan uppmätta kemidata. De två metoderna för transportberäkning jämfördes vidare även med avseende på frekvens för vattenkemiska provtagningar. Genom att systematiskt ändra antalet kemiprover för tot-P i datasetet, baserat på datum, jämfördes transportberäkningarna, med avseende på att vattenkemiprover var tagna antingen varje vecka, varannan vecka, månadsvis eller varannan månad. Totalt jämfördes 8 metoder för transportberäkning.

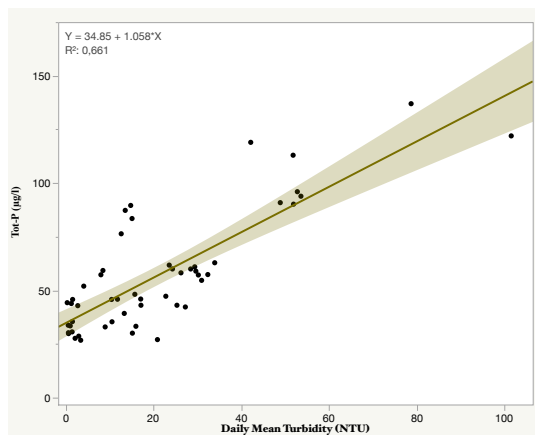


Figur 2: Visuell förklaring av de justeringar som utförts i modellen för att anpassa prediktioner av tot-P från sensordata till uppmätta halter.

3. Resultat

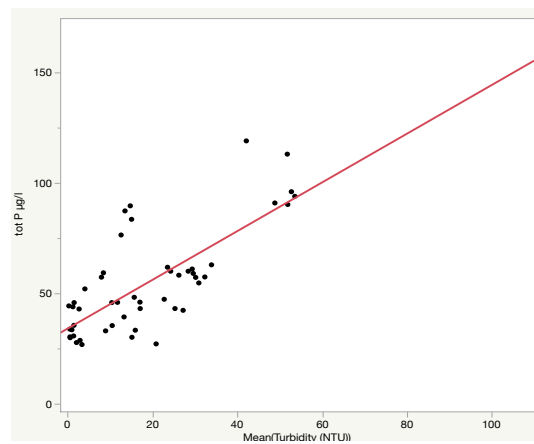
3:1 Samband mellan turbiditet och tot-P i Kilaån

Totalfosfor, tot-P, hade ett tydligt positivt samband med turbiditet i Kilaån. Sambandet är signifikant, $p < 0,0001$, och turbiditet har en förklaringsgrad på 66% för halten tot-P, $R^2 = 0,661$ $n=52$, (fig. 3). Vid ytterligare utförd regressionsanalys, med logaritmerade värden för tot-P och turbiditet, visade det sig att det linjära sambandet var svagare, $R^2 = 0,449$. Observationer för turbiditet och tot-P var dock oberoende från varandra och vid utförd analys av modellens residualer framgick att de var normalfördelade, samt uppvisade en konstant variation. Således var samtliga av de grundläggande förutsättningarna för linjär regressionsanalys uppfyllda för icke logaritmerade data. Ekvationen från sambandet utan logaritmerade parametrar, användes för vidare beräkningar i studien. Två mätvärden var avvikande och relativt höga, i jämförelse med övriga (fig. 3). Det skedde inga större förändringar i ekvationen vid exkludering av dessa två höga mätvärden, dock minskade R^2 -värdet (fig. 4). Resultatet från säsongsanalysen tyder på att sambandet har en annan skärningspunkt och lutning under sommarmånaderna, samt en annan lutning under hösten (tabell 1).



Figur 3: Samband mellan totalfosfor och turbiditet i Kilaån, Perioden 2017-11-10 till 2019-02-13.

$$Y = 1,058x + 34,85 ; R^2 = 0,661 ; n = 52$$



Figur 4: Samband mellan totalfosfor och turbiditet i Kilaån, utan de två högsta värdena. Perioden 2017-11-10 till 2019-02-13.

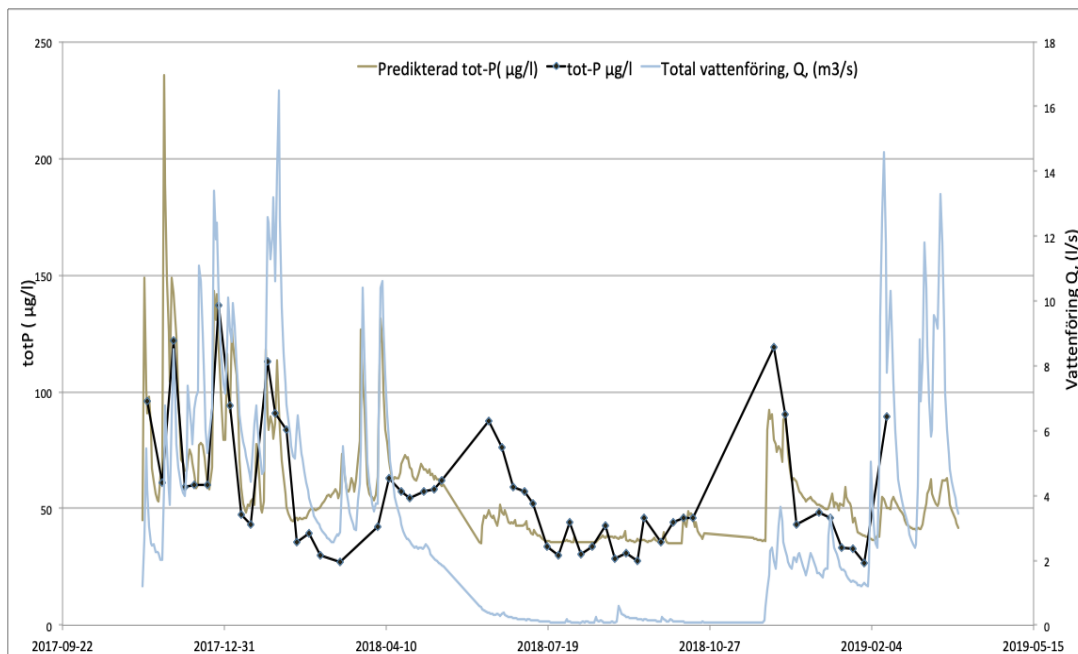
$$Y = 1,102x + 34,06 ; R^2 = 0,55 ; n = 50$$

Tabell 1: Multipel regressionsanalys för säsongsvariation beräknad med dummyvariabler.
Sommar = jun, jul, aug. Höst= sep, okt, nov. Vår = mar, apr, maj. Vinter: dec, jan, feb, nollnivå.

Variabel	Parameter	Prob.> t
Turb.	2,49	0,0008*
Höst	0,05	n.s.
Sommar	-27,88	0,0003*
Vår	7,26	n.s.
Turb.*Höst	0,27	0,0083*
Turb.*Sommar	-1,2	0,0060*
Turb.*Vår	-0,11	n.s.

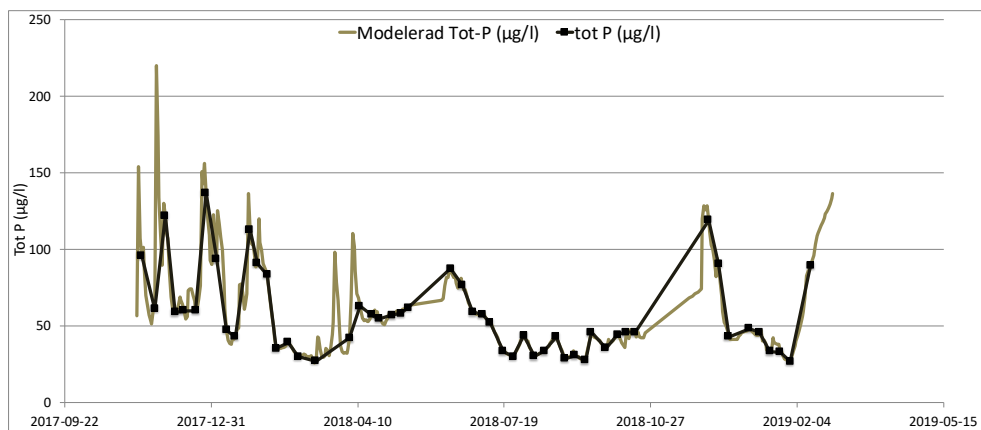
3:2 Modellering av tot-P i Kilaån

De predikterade halterna för tot-P i Kilaån, beräknad från turbiditet, följde till stor del mönstret för uppmätt halt tot-P (fig.5). Exempelvis kunde det urskiljas hur toppar av högre halt tot-P oftast sammanföll för de två metoderna. Vid flera tidpunkter, under den studerade perioden, skiljde sig dock den uppmätta halten tot-P markant från den predikterade halten. Vattenföringen varierade mycket i början och i slutet av mätperioden, medan den hade en konstant låg nivå från maj till november under 2018 (fig. 5). För såväl predikterad som uppmätt totalfosforhalt gick det att urskilja ett mönster vilket indikerade på hög halt i samband med högt vattenflöde, med enstaka undantag. Perioden med lågt vattenflöde skiljde sig dock från resterande mätperiod, då predikterade värden skiljde sig markant från uppmätta halter. Avvikelserna kunde inte förklaras med förändringar i vattenflöde, då det var konstant lågt under perioden (fig. 5). Vid en vidare analys av totalfosforhaltens sammansättning, andel löst fosfor och andel partikelbunden, återfanns inga tydliga samband. Låg/hög vattenföring, hade inte en signifikant påverkan på sambandet mellan turbiditet.

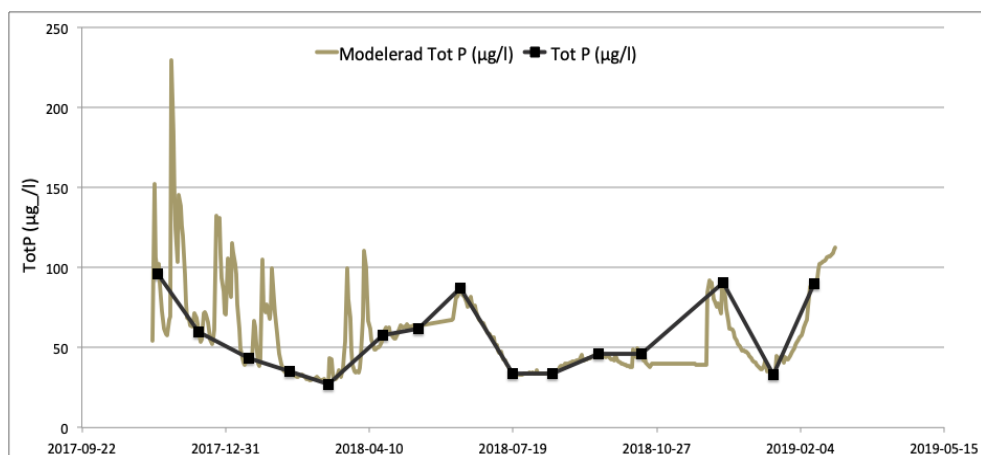


Figur 5: Y-axlarna visar vattenföring samt variation av totalfosfor i Kilaån. Värden för totalfosfor är baserade på uppmätta med veckovisa kemiprover (tot-P) och predikterade värden, baserad på beräkningar ur kontinuerlig mätning av turbiditet (Predikterad tot-P). X-axeln visar datum för perioden 2017-09-22 till 2019-03-29.

I resultatet från den justerade modellen gick det att se hur kurvan för predikterade värden var anpassad till de vattenkemiska proverna. Vid några separata tillfällen i början på mätperioden kunde förmodade toppar i tot-P-halt avläsas ur de modellerade värdena, vilka samtliga inträffat under tidpunkter mellan veckovisa provtagningar (fig.6). Resultatet visade på stora skillnader, baserat på provtagningsfrekvens (fig. 6 och fig. 7). Nästintill alla toppar under studiens första period missades med månadsvisa mätningar (fig. 6). Modellerade värden, baserade på sambandet med turbiditet och månadsvisa mätningar, visade dock fortfarande dessa toppar. I andra halvan av analysperioden sammanföll kurvorna från de två metoderna med varandra i betydligt större grad (fig.6 och fig. 7).



Figur 6: veckovisa mätningar av totalfosfor sammanlänkade med linjär interpolering, svarta punkter och linje. Modellerad totalfosforhalt ur turbiditetsdata, grön linje.



Figur 7: Månadsvisa mätningar av totalfosfor sammanlänkade med linjär interpolering, svarta punkter och linje. Modellerad totalfosforhalt ur turbiditetsdata, grön linje.

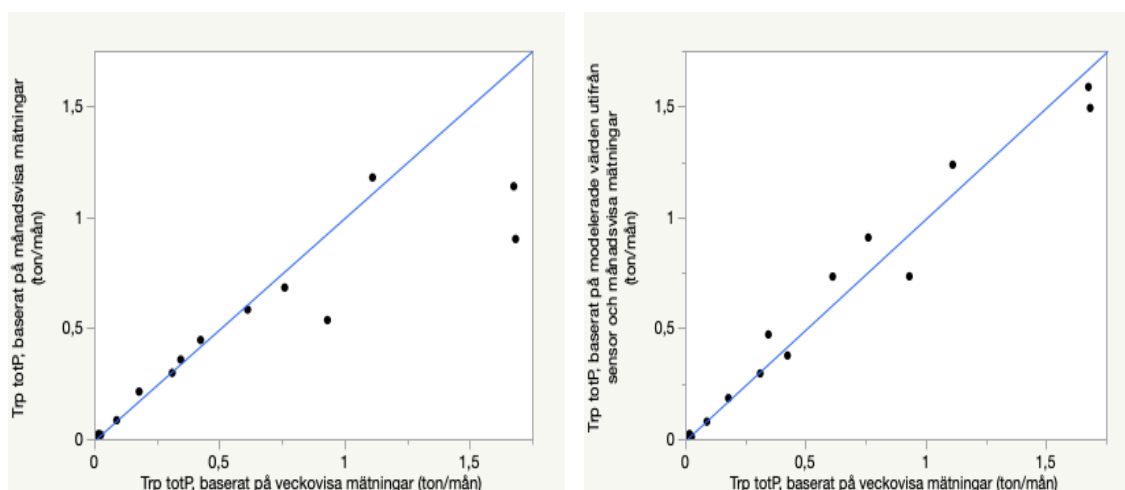
3:3 Transportberäkning av fosfor i Kilaån

Beräknade transporter följde ett mönster, där transport beräknat med hjälp av sensordata visade större transporter av fosfor än motsvarande beräkningar med linjär interpolering. Detta samband gällde vid samtliga intervall mellan provtagningarna. Den största skillnaden uppstod vid provtagningar tagna med intervall på en månad, där beräkningar med sensordata visade på ca 30% större transport än motsvarande beräkningar med linjär interpolering. Vidare var transport beräknad med hjälp av sensordata och prover tagna månadsvis, betydligt mer lik den transporten som beräknades med värden från veckovisa mätningar. Det gick även att se en större variation mellan resultaten från beräkningar baserade på linjär interpolering. Skillnaderna i storlek, för den totala transporten av fosfor 2018, beroende på metod, har dock inte kunnat styrkas statistiskt (tabell 2).

Tabell 2: Total transport av fosfor i Kilaån 2018

Intervall för vattenkemisk provtagning	Tot. transport av fosfor, beräknat med linjär interpolering (ton)	Tot. transport av fosfor, uppmätt data kompletterad med predikterad fosforhalt beräknad ur sensordata (ton)
Veckovisa	4,5	4,8
Varannan vecka	4,7	5,1
Månadsvisa	3,3	4,3
Varannan månad	3,6	4,6

Vid jämförelse av de olika metoderna för transportberäkning gick det att se hur transport beräknad med månadsvisa prover skiljde sig mer från veckovisa ifall värden från sensorn inte användes (fig. 8 (a) och (b)). Det framgick att det framförallt var månader med högre transport, som blev underskattade vid månadsvisa mätningar, baserat på sambandet med veckovis provtagning (fig. 8 (a)).



Figur 8: sambandet mellan månadsvis transport av fosfor beräknat med; antingen mätningar en gång i månaden och linjär interpolering (a), eller mätningar en gång i månaden kompletterad med predikterad fosforhalt beräknad ur sensordata (b), och transport beräknat ur veckovisa mätningar med linjär interpolering. 1:1 linje visas i blått

4. Diskussion

4:1 Sambandet mellan turbiditet och tot-P

I studien undersöktes om högfrekventa mätningar av turbiditet kan användas för att uppskatta totalfosforhalt i Kilaån. Resultatet visade på ett signifikant samband mellan totalfosfor, uppmätt med veckovisa prover, och högfrekventa mätningar av turbiditet, $R^2 = 0,66$ $P < 0,0001^*$. Detta ligger inom det breda intervallet för R^2 -värden som observerats vid tidigare studier av vattendrag i Sverige (Fölster & Rönnback, 2015; Lannergård *et al.*, 2019). Med en förklaringsgrad, på 66%, kan turbiditet användas för att göra en uppskattning av för totalfosfor i Kilaån. Förklaringsgraden var dock lägre än vad som uppmätts i andra vattendrag, med R^2 -värden över 0,9 (Fölster och Rönnback, 2015). Det krävs vidare analys, för att få en bättre uppfattning om hur olika förhållanden i Kilaån påverkar sambandet mellan turbiditet och totalfosfor.

Det fanns endast ett par höga mätvärden registrerade i dataserierna från Kilaån, under studiens mätperiod (fig. 3). Detta kan vara problematiskt, då få höga mätvärden eventuellt får en betydande roll i sambandets ekvation, samtidigt som den förlängda gradienten ger ett högre R^2 -värde. Vid ytterligare regressionsanalys, där de höga värdena exkluderades, visade det sig att förklaringsgraden sjönk till 55%, $R^2=0,55$. Det är en avsevärt lägre förklaringsgrad, knappt tillräcklig för att ensamt förklara variationen av tot-P. Vid jämförelse av de två ekvationerna framgick dock att lutning och skärningspunkt för sambandet praktiskt taget var oförändrad. De höga mätvärdena kunde således inkluderas i beräkningarna. Det är viktigt att prediktioner av en hög fosforkoncentration stämmer överens med verkligheten, då de kan få stor inverkan på den totala transporten, därför är mätdata med höga koncentrationer av extra stor vikt i sambandsanalysen. Kompletterande mätningar, genomförda vid tillfällen med hög grumlighetsgrad i vattendraget, hade eventuellt kunnat förbättrat styrkan i sambandet ytterligare.

Mönster i variationen av uppmätt tot-P, predikterade värden för tot-P, samt vattenföring (fig. 5), indikerade på att vattenföring potentiellt hade en påverkan på sambandet mellan turbiditet och tot-P. Detta tyder på att den uppskattade fosforhalt eventuellt skulle förbättras genom användandet av olika samband, beroende på om det vid tidpunkten är lågt eller högt vattenflöde i vattendraget. Detta är en aspekt som tidigare uppmärksammats av exempelvis Jones *et al.* (2011), där de visade på att sambandet mellan turbiditet och tot-P varierade, beroende på om det var uppmätta under en period med vårflood, det vill säga högt flöde, jämfört med en period med basflöde. Vid multipel regressionsanalys, av data från Kilaån, hittades dock inget signifikant samband beroende av vattenföring och tot-P. Däremot hade en uppdelning av data i årstider signifikant påverkan på såväl lutning som skärningspunkt under sommarmånaderna och under hösten var lutningen i sambandet en annan (tabell 1). Modellen för fosforberäkning ur turbiditetsvärden hade eventuellt förbättrats ytterligare om olika samband användes vid olika tidpunkter på året. Studien är dock utförd under en mycket begränsad tidsperiod och förändringar beroende av säsong kan därför vara ett resultat som endast stämmer in på denna specifika mätperiod. Det krävs därmed längre tidsserier för att bedöma om

detta är ett generellt samband. Några ytterligare analyser baserade på värden modellerade utifrån olika samband beroende på årstid utfördes därför inte i denna studie.

Mätningar av turbiditet detekterar inte halten löst fosfor, vilket gör att förändringar av dess koncentration kan påverka resultatet (Stubblefield *et al.*, 2007). Ett starkare samband mellan turbiditet och totalfosfor kan således förväntas då totalfosfor till störst andel förekommer som partikulärt bunden. I studien utgjordes den största andelen av partikelbunden fosfor, ca 66%. Vid enstaka mättillfällen förekom dock en högre halt löst fosfor, i jämförelse med den partikelbundna. Vilket en modell baserat på turbiditet inte tar hänsyn till. Andra aspekter som eventuellt påverkade sambandet är mängden indata, som varierat över tid. Exempelvis var sensorn ibland upptagen på land, vissa månader saknar därför mätdata från flera dygn (Appendix. Tabell A1 och Tabell A2). Det saknades även klockslag för samtliga vattenkemiprover, vilket innebar att dygnsmedelvärden för turbiditet användes i beräkningar av sambandet. Eventuellt hade exakta värden för turbiditet, vid rätt klockslag förbättrat resultatet ytterligare.

4:2 Olika metoder för beräkning av fosfortransport

Vidare analyserades om beräkningar av fosfortransport i vattendraget påverkas av olika provtagningsfrekvens, samt vid användning av högfrekvent turbiditetsmätning som komplement till ordinarie provtagning. I Kilaån sker mätningar av vattenkemin veckovis, provtagningarna är dessutom kompletterade med högfrekventa mätningar av sensordata. Detta genererar unika dataset från vattendraget, som innehåller ovanligt mycket information. Även om det, som i den här studien, saknas ett starkt samband mellan turbiditet och tot-P, kan de täta mätningarna av vattenkvalitén användas för att utvärdera hur mycket som förbises vid en månadsvis provtagning. Det möjliggör även för utvärdering av sensordatas nytta vid beräkning av fosfortransport. Resultatet i studien visar på att flera toppar med högflöde och episoder med hög turbiditet missas vid beräkningar med konventionell metod, det vill säga linjär interpolering mellan månadsvisa vattenkemi-prover. Vid månadsvis provtagning i Kilaån förbises nära samtliga toppar under den första perioden i studien, vid en jämförelse med de veckovisa proverna. Topparna registrerades dock fortfarande av sensorn. Detta tyder på att sensordata potentiellt kan komplettera månadsvisa mätningar och registrera toppar mellan provtagningstillfällen.

Studien tyder på att om provtagning endast sker månadsvis är risken stor för att höga halter inte inkluderas i vidare beräkningarna av den totala fosfortransporten. I denna studie har åtta olika metoder för transportberäkning analyserats, varav alla ger relativt skilda resultat. Störst skillnad uppstod då provtagningsfrekvensen minskades, vilket ledde till att färre toppar med höga halter blev registrerade. Vid månadsvisa mätningar med linjär interpolering, blev den totala fosfortransporten avsevärt mycket lägre än om högfrekventa turbiditetsdata användes för att fylla igen luckorna mellan provtagningarna. Då turbiditetsdata användes var storleken på den totala transporten generellt högre för samtliga provtagningsintervall. Transporten var vid månadsvisa mätningar, samt mätningar varannan månad, betydligt mer lik den veckovis uppmätta då sensordata användes. Nämnade skillnader för de olika

transportberäkningarna var dock inte signifikant skilda från varandra. Det hade troligtvis krävts studier över en längre tidsperiod för att utvärdera om dessa tendenser är ett verkligt resultat, eller en slumpfaktor. Det är dock problematiskt i sig att vattendragets totala fosforbelastning skiljer sig mycket, beroende på mätmetod. Eftersom transportberäkningarna ligger till grund för de lägesbeskrivningar som utgör underlag vid uppföranden av handlingsplaner, konventioner, direktiv och internationella överenskommelser (Lannergård et al., 2019). För att säkerställa att den data som bistår beslutsfattare är representativ är det därför av stor vikt att fortsatt utvärdera och komplettera i metoden för dagens transportberäkning.

4:3 Sensorer som komplement till vattenkemiska prover

Den höga belastningen av näringsämnen i Östersjön kan leda till stora förändringar i dess ekosystem, vilket bland annat kan få konsekvenser för människans användande av havet som livsmedelsresurs och rekreationsområde. Tillförseln av fosfor till Östersjön behöver fortsatt minskas för att nå de mål och de åtaganden som länderna kring Östersjön satt upp (HELCOM, 2018). Vid en övervakning som inte med säkerhet registrerar stora delar av den totala transporten, riskerar åtgärder att sättas in på fel plats eller inte alls. Eftersom dagens mätningar blir mycket dyra och tidskrävande med ökad provtagningsfrekvens krävs det komplement till metoden. Sensorer kan användas för att kontinuerligt registrera korttidsvariationen av turbiditet och potentiellt även fosfor, vid starka samband med turbiditet. Informationen kan sedan användas för att exempelvis detektera var någonstans erosionsåtgärder krävs. Metoden kan således även utnyttjas vid uppföljning av redan insatta åtgärder.

Syftet med studien var att undersöka om det med hjälp av sensorer, går att förbättra den befintliga transportberäkningen av totalfosfor i vattendrag. Genom att analysera kontinuerliga högfrekventa mätningar, från sensorer utplacerade i vattendragen, kan förståelsen för korttidsvariationen i vattendragen bli större. Dels kan data från sensorerna användas för en bättre förståelse för de mätvärden som registrerats vid vattenkemiska prover. Dels ger det även en bild av förändringar som sker mellan tidpunkterna för provtagning, vilka annars helt hade förbisetts av endast månadsvisa eller veckovisa prover. Om fosfor är korrelerat till turbiditet, eller andra parametrar som kan mätas med sensorer, kan beräkningsmetoden för transport i vattendrag kompletteras. Istället för linjär interpolering mellan provtagningar, kan beräknade tot-P halter användas. På så vis förflyttas mätosäkerheten till viss del, från hypotetiskt interpolerade värden till faktiskt beräknade prediktioner av fosforhalten, där osäkerheten kan utläsas ur parametrarnas samband.

4:4 Slutsats

Sammanfattningsvis visar resultatet på att kontinuerlig högfrekvent mätning av turbiditet kan användas för att uppskatta totalfosforhalten i Kilaån. Studien tyder dock på att beräkningarna eventuellt skulle bli mer representativa med olika samband, mellan tot-P och turbiditet, vid olika förhållanden. Tidsserien för analysen är dock inte tillräckligt lång för att bekräfta att det stämmer. Det framgår av studien att toppar, med potentiellt höga halter tot-P, förbises av konventionell

provtagningsmetod. Detta kan sensordata eventuellt kompensera för, då högfrekventa mätningar av turbiditet registrerade många av dessa toppar. Slutsatsen kan dras från studien i Kilaån, att högfrekventa turbiditetsmätningar har stora möjligheter att förbättra transportberäkningen av totalfosfor och med vidare studier, samt längre tidsserier kan beräkningarna förbättras ytterligare.

5. Tack

Jag skulle först och främst vilja tacka min handledare Jens Fölster för att ha varit ett stort stöd i arbetet och för all hjälp med planering, samt utförande av uppsatsen. Stort tack även till Hampus Markensten som tålmodigt ordnat med utformning av de skript som använts i studien. Tack till min examinerator Martyn Futter för goda råd och för din tid. Jag skulle även vilja tacka alla övriga som på något vis varit inblandade och hjälpt mig i arbetsprocessen. Slutligen vill jag tacka Nyköpingsåarnas vattenvårdsförbund för möjligheten att analysera mycket intressanta dataset från Kilaån.

Referenslista

- Andersson D. M, Gilbert P. M, Burkholder J.M (2002) *Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition and consequences*. (Estuaries 25, 704-726). Tillgänglig: https://www.whoi.edu/cms/files/Anderson_etal_2002_Estuaries_29903.pdf [2019-06-04]
- Cederwall Hans, Elmgren Ragnar (1990) Biological Effects of Eutrophication in the Baltic Sea, Particularly the Coastal Zone (Ambio Vol. 19, No. 3, Marine Eutrophication pp. 109-112) Tillgänglig: https://www.jstor.org/stable/4313675?seq=1#metadata_info_tab_contents [2019-06-04]
- Correll D. L., Jordan T.E., & Weller D. E. (1999) *Transport of nitrogen and phosphorus from Rhode River watersheds during storm events* (WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 35, NO. 8, PAGES 2513–2521) Tillgänglig: https://www.esf.edu/EFB/mitchell/Correll_et_al1999.pdf [2019-06-04]
- Fölster J. och Rönnback, P., (2015). *Turbiditet som mått på suspenderat material och totalfosfor*. Institutionen för vatten och miljö, SLU Rapport 2015:2.
- Granéli Edna & Christina Esplund (2010) *Blågrönalger i Östersjön – allt vi gör gynnar dem* (Naturvårdsverket och Havsmiljöinstitutet: Havet 2010 - Den årliga rapporten om miljötillståndet i svenska havsområden Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/78-91-982291-3-4.pdf?pid=18385> [2019-06-04]
- Havs- och vattenmyndigheten (2019) *Ingen övergödning Fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålen 2019* (Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:1) Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/download/18.e8d4e81168852243c2431c5/1548678825311/rapport-2019-1-ingen-overgodning-fordjupad-utvardering.pdf> [2019-06-04]
- HELCOM (2018): HELCOM Thematic assessment of eutrophication 2011–2016. Tillgänglig: <http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/holistic-assessments/state-of-the-baltic-sea-2018/reports-and-materials/> [2019-06-04]
- Jones A.S., Stevens, D.K., Horsburgh, J.S., Mesner, N.O., (2011). *Surrogate measures for providing high frequency estimates of total suspended solids and total phosphorus concentrations*. (J. Am. Water Resour. Assoc. Vol. 47, No. 2 239–253) Tillgänglig: <https://pdfs.semanticscholar.org/30b4/e3dde92be7bce7677c899019940a5fe7b664.pdf> [2019-06-04]
- Jordan P, Arnscheidt A, McGrogan H, McCormick S (2007) *Characterising phosphorus transfers in rural catchments using a continuous bank-side analyser*.

(Hydrology & Earth System Sciences 11, 372-381) Tillgänglig:
<https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/372/2007/hess-11-372-2007.pdf> [2019-06-04]

Jordan P. & Cassidy R. (2011) *Assessing a 24/7 solution for monitoring water quality loads in small river catchments* (Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 3093–3100) Tillgänglig: <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/3093/2011/hess-15-3093-2011.pdf> [2019-06-04]

Kronvang, B., Bruhn, A.J., (1996). *Choice of sampling strategy and estimation method for calculating nitrogen and phosphorus transport in small lowland streams*. (HYDROLOGICAL PROCESSES, VOL. 10, 1483-1501) Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/%28SICI%291099-1085%28199611%2910%3A11%3C1483%3A%3AAID-HYP386%3E3.0.CO%3B2-Y> [2019-06-04]

Kyllmar, K. (2009). Transporter av kväve och fosfor i vattendrag - Inverkan av metodik vid vattenprovtagning Jämförelse av vattenanalyser från manuell respektive flödesproportionell vattenprovtagning i åtta Intensivtypområden. Teknisk rapport 131. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Mark och miljö, Enheten för Biogeofysik och Vattenvård. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:657888/FULLTEXT01.pdf> [2019-06-04]

Lannergård Emma E., Ledesma José L., Fölster Jens, Futter Martyn N. (2019) An evaluation of high frequency turbidity as a proxy for riverine total phosphorus concentrations (Science of the Total Environment 651, 103–113)

Nyköpingsåarnas vattenvårdsförbund (2012) *Nyköpingsåarna 2012* Tillgänglig: <https://www.vattenorganisationer.se/nvvf/downloads/25/nvvf2012.pdf> [2019-06-04]

Nyköpingsåarnas vattenvårdsförbund (2017) *Nyköpingsåarna 2017* Tillgänglig: <https://www.vattenorganisationer.se/nvvf/downloads/25/arsrapport2017.pdf> [2019-06-04]

Rönnback, P., L. Sonesten, and M. Wallin. (2009). *Ämnestransporter under vårflöden i Ume älv och Kalix älv. Effekter på transportberäkningarna av en utökad provtagningsfrekvens*. Rapport 2009:20. Institutionen för vatten och miljö, SLU. https://pub.epsilon.slu.se/12048/11/ronnback_p_et_al_150415.pdf

Smith V.H, Tilman G.D, Nokolac J.C (1999) *Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems* (Environmental Pollution 100: 179-196) Tillgänglig: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0269749199000913?token=20522FB91393BBFEBEC34049AD40E9C22E605BE556F27E638F91AF7EFB62DE75A9944BED890E79B4AAF6B724BF69B048> [2019-06-04]

Stubblefield, A. P., Reuter, J. E., Dahlgren, R. A. & Goldman, C. R. (2007). Use of turbidometry to characterize suspended sediment and phosphorus fluxes in the Lake Tahoe basin, California, USA. *Hydrological Processes* 21. 281–291.

Stutter Marc, Dawson Julian J.C, Glendell Miriam, Napier Fiona, Potts Jacqueline M., James Sample, Vinten Andrew, Watson Helen (2017) *Evaluating the use of in-situ turbidity measurements to quantify fluvial sediment and phosphorus concentrations and fluxes in agricultural streams* (*Science of the Total Environment* Vol. 607–608, P. 391-402) Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717317163?via%3Dihub> [2019-06-04]

Stålnacke P, Grimvall, A., Sundblad, K., and Wilander, A.: (1999) *Trends in nitrogen transport in Swedish rivers*. *Environ. Monit. Assess.* 59, 47-72.

Vattenmyndigheterna i samverkan (2017) Förvaltningsplan 2016–2021 för Norra Östersjöns vattendistrikt Del 1, Introduktion – Vattenförvaltningen och dess verktyg i Sverige. 537-6048-16 Tillgänglig: <http://www.vattenmyndigheterna.se/SiteCollectionDocuments/sv/norra-ostersjon/Underlag%20till%20beslut%202016/Beslutsdokument/Formgivna%20beslutsdokument/Del%201%20-%20Introduktion.pdf>

Vatteninformationssystem Sverige, VISS (2019). *Kilaån*. Tillgänglig: <https://viss.lansstyrelsen.se/> [2019-06-04]

Appendix 1.

Tabell A1: Antal dagar med registrerade sensordata per mån från 2017-09-22 till 2019-05-15

Månad	Antal dagar med reg. sensordata
Nov 17	21
Dec 17	31
Jan 18	31
Feb 18	28
Mar 18	31
Apr 18	30
Maj 18	15
Jun 18	25
Jul 18	31
Aug 18	31
Sep 18	30
Okt 18	23
Nov 18	9
Dec 18	31
Jan 19	31
Feb 19	28
Mar 19	29

Tabell A2: Logg för sensor i Kilaån

Date	Activity
2017-11-10	Deployed in Kilaån
2017-12-13	Skickat 4 D batterier till Anneli.
201805X	Takn up
2018-06-05	Calibrated all parameters
2018-06-07	Sent to Nyköping
2018-06-12	Återinsatt
2018-09-28	Temetry did not work 12/6 - 28/9. Byte SIM-kort till M2M. Gjoirde rent. Tuben började skicka alla data sedan 12/6. Bytt batterier. Efter rengöringen och återinstalation blv en topp i turb som kincade avsakta. Troligen skrufs som inte sköljdes bort eftersom vattenflödet var mycket lågt.
2018-10-23	Sonden och telemetrienheten togs upp för kalibrering och byta av sim-kort. Skickades med posten
2018-10-30	Calibrated all parameters